Der

Tastsinn der Fusssohle

als

Aequilibrirungsmittel des Körpers beim Stehen.

Inaugural-Abhandlung

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin und Chirurgie

unter dem Präsidium

von

Dr. Karl Vierordt,

ordentl. Professor der Physiologie zu Tübingen,

vorgelegt von

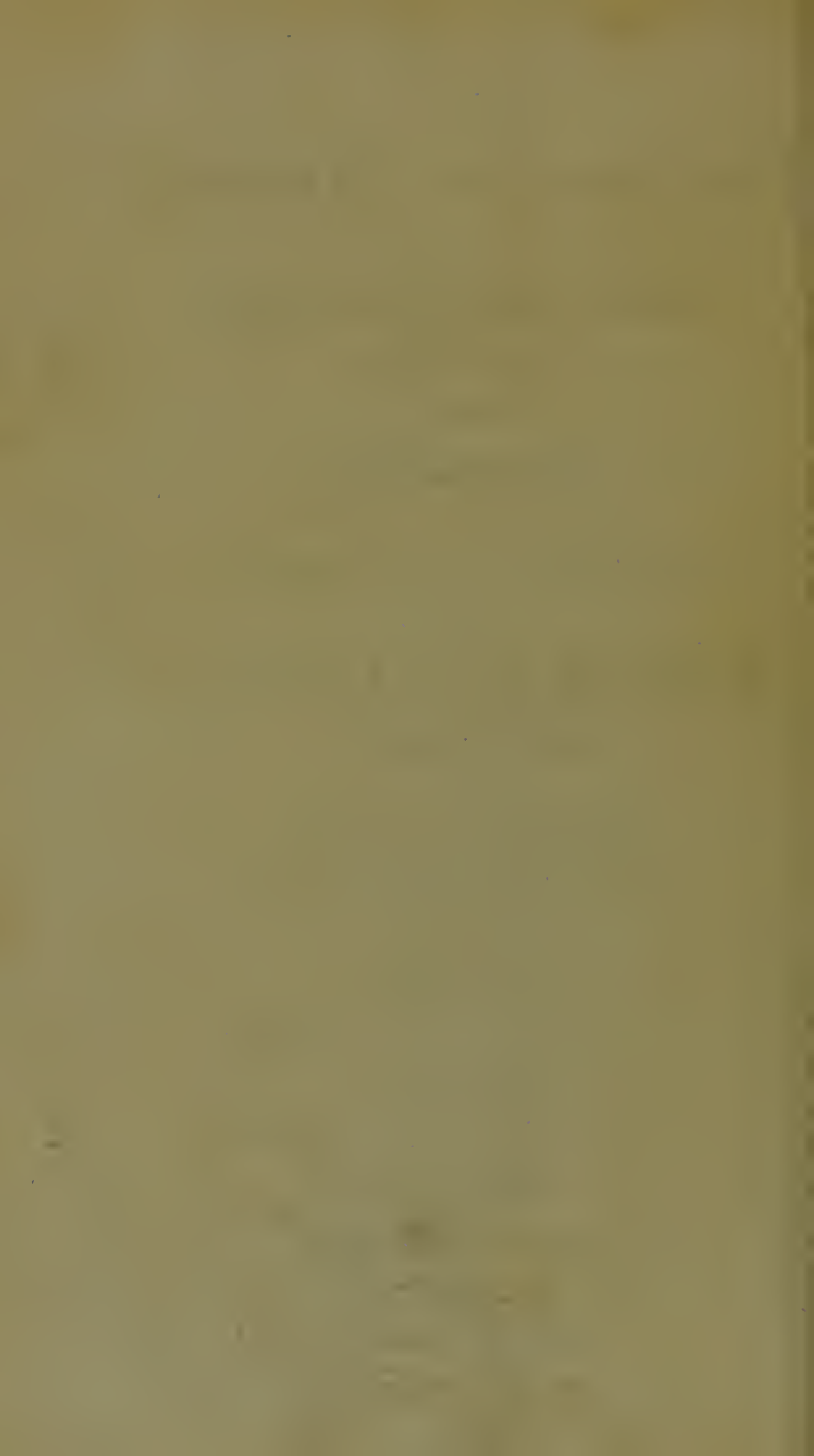
W. H. S. C. Heyd

aus Stuttgart.

Tübingen.

Gedruckt bei Heinrich Laupp.

1862.



Vorwort.

Mein Thema ist ein viel umfassenderes, als nach dem speciellen Titel auf den ersten Blick Manchem scheinen dürfte. Es bedingt nämlich eine Reihe von Vorfragen, die nur sehr wenig bis jetzt untersucht worden sind; denn abgesehen von der Hauptsache: Versuche über die Stabilitätsgrade, d. h. die Körperschwankungen beim Stehen im normalen und, so gut es zu erreichen ist, im anästhetischen Zustande der Sohlenhaut — sind ferner noch Versuche nöthig über die Schärfe und Feinheit der Sohlenhaut für Wahrnehmung der räumlichen Distanzen, der Gewichtsunterschiede und der Temperaturdifferenzen im normalen und anästhetischen Zustande der Sohlenhaut. Auch wäre sehr wünschenswerth, an Patienten mit Torpor oder vollständiger Anästhesie der Sohlenhaut zu experimentiren. Allein ich hatte die Zeit nicht, diesen Aufgaben nach allen Seiten hin Genüge zu leisten. Ich machte unter der Leitung und theilweise gütiger Mitwirkung des Herrn Professors Vierordt, meines hochverehrten, vieljährigen Lehrers, die oben bezeich-

neten Versuche in einer Anzahl von Einzelbestimmungen, allein dieselben sind noch lange nicht zahlreich genug, um auf Grund derselben gültige Endwerthe feststellen zu können. Doch dürften die vorliegenden wenigen Versuche schon desshalb Anspruch auf einige Beachtung machen, als es nicht Jedermanns Sache sein möchte, die für mein Thema doch ganz unerlässlichen Versuche zur Anästhesirung der Sohlenhaut mittelst kalten Wassers u. dgl. anzustellen. Dem Herrn Professor Vierordt, der mir bei der Ausführung meines Thema's, in seiner bekannten Liberalität, nach allen Seiten hin an die Hand gieng, sage ich hier öffentlich meinen innigsten Dank. Auch allen meinen andern Lehrern, denen ich so viel zu danken kabe, bezeuge ich beim Scheiden von der hiesigen Hochschule meinen wärmsten Dank.

Tübingen, im Mai 1862.

Der Verfasser.

§. 1. Das beste Stehen.

Ueber das Stehen überhaupt — und insbesondere über die Grundfrage — was ist das beste Stehen? — herrschen unter den Physiologen noch ganz verschiedene, ja selbst diametral entgegengesetzte Ansichten, was uns vielleicht um so weniger wundern darf, als man sich ja seiner Zeit bekanntlich sogar darum stritt, ob der Mensch naturgemäss nicht auf allen Vieren gehen sollte.

Einige deutsche Physiologen betrachten als das beste Stehen die gerade und steife Haltung, so Meyer in Zürich und Harless in München. Meyer bezeichnet in Müller's Archiv 1853. S. 19 diese Stellung als die „militärische"; Harless in seinem Handbuche der plastischen Anatomie als „Karyatidenstellung"; Ludwig in seiner Physiologie, 2. Auflage 1858, Band I., Seite 549, als das „bequeme Stehen."

Die französischen Physiologen dagegen erklären die Position hanchée (die deutsche Sprache hat leider keine adäquate Bezeichnung) für das beste Stehen, ohne aber eine nähere Analyse über dieses Stehen zu geben. —

Die Position hanchée ist, im Gegensatze zu dem symmetrischen gleichmässigen Stehen auf beiden Beinen, die asymmetrische Stehweise, bei welcher die Körperlast nur auf dem gestreckten und gesteiften Beine ruht, während das andere, statt der tragenden, eine regulirende Function übernimmt, daher es im Hüft- und Kniegelenke etwas gebeugt und nur leicht auf den Boden aufgesetzt wird. —

Welche von den obigen, sich gänzlich widersprechenden Auffassungsweisen ist nun die richtige?

W. und Ed. Weber haben in ihrer berühmten „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge" das Stehen nur kurz abgehandelt, und sich, der Aufgabe ihres Werkes gemäss, darauf beschränkt, die Berührungspunkte dieses Zustandes mit den von ihnen untersuchten Fortbewegungsarten des Körpers hervorzuheben. Gleichwohl fehlt in der kurzen Andeutung, welche sie gegeben haben, kaum ein wesentlicher Punct, wenigstens zur allgemeinsten Charakteristik des Stehens, so dass auf dem Grunde des Gegebenen füglich weiter gebaut werden kann; damit darf nichts anderes gemeint sein, als die Uebertragung der für die Physiologie des Gehens und Laufens so erfolgreich gewesenen messenden Untersuchungsmethode auf die Studien über das Stehen, also um nur einige der am wenigsten bisher beachteten Aufgaben zu erwähnen:

1) Genaue Bestimmung der Lagen der einzelnen Körpertheile bei den verschiedenen Arten des Stehens, was mittelst selbst registrirender graphischer Methoden gut auszuführen ist. 2) Die Wägung des Druckes, welchen die Sohlen beider Füsse auf den Boden ausüben, und 3) die damit zusammenhängende, und, wie wir später sehen werden, für das Stehen selbst wichtige Frage, inwiefern sich das Vermögen verhält, Druckdifferenzen mittelst der Tastnerven beider Sohlen wahrnehmen zu können. Endlich 4) die Messung der Schwankungen des Körpers bei seinem Balancement auf dem Astragalus.

Herr Prof. Vierordt, in seinem Grundriss der Physiologie, 2. Auflage, pag. 363—364, erklärt das vorzugsweise Stehen auf einem Beine, die position hanchée, für das beste Stehen, weil, um nur einige wenige seiner Gründe zu wiederholen, es 1) die geringsten Muskelanstrengungen macht; 2) die stabilste nnd zugleich bequemste Stellung ist, und endlich

3) allgemein unwillkürlich von Jedem gewählt wird, dabei aber zugleich gestattet, dass die Aequilibrirungsmittel viel feiner und nachdrücklicher eingreifen können.

§. 2. Aequilibrirungsmittel beim Stehen.

Jegliche Stehweise, auch die beste, ist mit Schwankungen des Körpers, d. h. vorübergehenden Gleichgewichtsstörungen verbunden. Wir besitzen aber die Mittel, diese Gleichgewichtsstörungen sogleich wahrnehmen zu können. Je zahlreicher diese Hilfsmittel sind, und bei je geringeren Gleichgewichtsverlusten sie schon einzugreifen vermögen, desto solider und besser ist die betreffende Stehweise, und desto früher greift die rectificirende Wirkung der Muskeln ein, welche die Aufgabe haben, das verlorene Gleichgewicht wieder herzustellen.

Herr Prof. Vierordt hebt in seiner Physiologie, 2. Auflage, p. 362, folgende Hilfsmittel als die hier vorzugsweise eingreifenden, hervor:

1) Muskelgefühle: Die Lagen unserer Körpertheile sind uns vermittelst der specifischen Muskelgemeingefühle deutlich bewusst. Das Muskelgemeingefühl belehrt uns desshalb im normalen Zustande auf das feinste, wenn ein Ueberfallen des Körpers nach einer bestimmten Richtung hin beginnt;

2) der Tastsinn der Sohlenhaut, d. h. der Drucksinn und besonders der Ortssinn. Sobald sich das Gleichgewicht ändert, ändert sich auch der auf verschiedene Stellen der Sohlenhaut ausgeübte Druck, er nimmt an dem einen Orte zu, an dem anderen ab;

3) der Sehsinn: ein fixirter ruhiger Gegenstand verändert bei einer Schwankung unseres Körpers seine Lage zu anderen Gesichtsobjekten.

Was den Werth dieser Mittel betrifft, so ist das Muskelgefühl das weitaus wichtigste. Dasselbe ist aber nicht, wie man a priori wähnen könnte, an eine bestimmte Muskelkraft gebunden, so dass recht kräftige Menschen viel stabiler stehen würden, als minder starke normale Individuen. Bei Beeinträchtigung desselben in Krankheiten, besonders bei Tabes dorsalis, beobachtet man oft, dass die Muskeln noch relativ kräftiger Contractionen fähig sind, während das specifische Muskelgefühl des Kranken bereits sehr beeinträchtigt ist und eben damit das Stehen viel unsicherer wird. In solchen Kranken aber ist der Muskel- und Tastsinn zugleich beeinträchtigt, so dass man keine reinen Resultate erhält.

Versuche über die Steh- und Gangweisen der Tabeskranken und ähnlicher Patienten wären übrigens ebensosehr im Interesse der Physiologie, als der Pathologie zu wünschen. Bei solchen Kranken ist der Drucksinn der Muskeln wie der Haut der untern Extremität beeinträchtigt. Romberg in seinem classischen Werke über Nervenkrankheiten sagt: „Der Widerstand des Fussbodens wird nicht mehr deutlich gefühlt, seine Cohäsion erscheint schwächer, es ist, als ob die Sohle auf Wolle, weichem Sande oder einer mit Wasser gefüllten Blase stehe. — Der Reiter fühlt nicht mehr die Resistenz des Steigbügels — indem der Kranke den Tritt nicht mehr fest fühlt, stemmt er die Ferse mit grösster Kraft auf. Von Anfang an muss er aber seine Bewegungen sehen können, wenn sie nicht noch unsicherer sein sollen.“ —

„Lässt man den Kranken in aufrechter Stellung die Augen schliessen, so fängt er sofort an zu schwanken und zu taumeln, sowie auch, wenn es finster um ihn ist, grössere Unsicherheit im Stehen und Gehen sich verräth. — Später findet sogar beim Sitzen mit geschlossenen Augen ein Schwanken statt.“ Im genannten Werke I. Band Seite 906—909 finden

sich noch manche interessante Einzelheiten über diesen Gegenstand. — Während also beim Gesunden der Sehsinn eine geringere Rolle spielt, erhält er bei Tabes dorsalis eine ungleich höhere Dignität, denn bei solchen Patienten ist die Feinheit ihrer wesentlichsten Aequilibrirungsgefühle (Muskelgefühl, Druck- und Ortssinn in den unteren Gliedmaassen) sehr beeinträchtigt, vielleicht weil die einzelnen Empfindungen untereinander sich widersprechen, während sie beim normalen Menschen sich gegenseitig unterstützen. Nicht unmöglich wäre ferner, dass einem bekannten Compensationsgesetze der Sinnesphysiologie gemäss, die bezüglichen Leistungen des Sehsinnes umsomehr zunehmen, je mehr die übrigen Hülfsmittel an ihrer Zuverlässigkeit einbüssen.

§. 3. Stabilitätsgrade bei verschiedenen Zuständen der Sohlenhaut.

Zur Eruirung der hier vorkommenden Verschiedenheiten stellte ich nach der graphischen Methode von Herrn Professor Vierordt eine Reihe von Einzelversuchen an. Das Verfahren besteht in Folgendem: Der auf dem Rumpfe unbeweglich gehaltene Kopf trägt auf dem Scheitel einen senkrechten Pinsel, der auf einer an der Unterseite berussten Glasplatte den Körperschwankungen entsprechend, nach einer bestimmten Zeit eine Figur von einer gewissen Grösse und Form aufzeichnet. Je nach dem Zustande der Sohlenhaut werden die aufgezeichneten Figuren mehr oder weniger differiren, und aus ihrer, auf die unten näher bezeichnete Weise, angestellten vergleichenden Messung werden dann bestimmte, die Stabilität bei einem jeweiligen Zustande der Sohlenhaut charakterisirende Grössenwerthe gefunden. Je grösser die Sicherheit des Stehens, desto kleiner ist die vom Russ der Glasplatte durch den Pinsel

abgewischte Stelle. — Man hat zwar auf diese Art keinen Einblick in die während der Versuche vorgekommenen Einzelschwankungen, doch immerhin Anhaltspunkte genug für die relative Sicherheit der untersuchten Stehweise.

Auf weitere Methoden konnte ich mich leider nicht einlassen; Herr Professor Vierordt ist mit einer solchen beschäftigt, welche gestattet, jede Einzelschwankung während des Versuches aufzuzeichnen. — Jeder meiner Versuche dauerte drei Minuten. — Die Einzelversuche wurden zu derselben Tageszeit angestellt und zerfallen in folgende Categorien:

1) Beide Füsse beschuht;
2) ein Fuss nackt, der andere beschuht;
3) beide Sohlen nackt;
4) eine Sohle, eine Stunde lang chloroformirt;
5) beide Sohlen, 1½ Stunden lang chloroformirt;
6) die Sohlenhaut durch kaltes Wasser anästhesirt;
7) bei geschlossenen Augen, beide Sohlen nackt.

Da die Wirkung des Chloroforms für solche Zwecke der Anästhesirung noch weniger bekannt ist, so will ich in Kürze einige Details geben. — Ein Gefäss, von der Grösse des Fusses, wurde mit Chloroform soweit gefüllt, dass die Planta pedis allseitig bespült wurde, dann in einen Sack von Wachstuch gebracht, der unter dem Knie fest zugebunden wurde. — Die ersten Sensationen waren Reizungserscheinungen der Cutisnerven, Stechen, Prickeln, das sich allmählig zu einem empfindlichen Schmerze steigerte; nach und nach aber verlor sich der Schmerz, und es trat ein allerdings nur sehr mässiger Grad von Torpor auf, aber doch so, dass ich weniger deutlich den Boden als solchen unterscheiden konnte, und zugleich das Gefühl hatte, als wäre etwas Fremdartiges zwischen meiner Planta und dem Boden. Diese Erscheinungen verloren sich aber bald wieder. — Sowohl am ersten Ver-

suchstage, als am zweiten, wo dann beide Sohlen durch Chloroform in Halbanästhesie versetzt wurden, waren die Erscheinungen gleich. — Das zur Anästhesie verwandte kalte Wasser hatte 9—10°R. Es wurden beide Füsse 10—15 Minuten darin gelassen und das Wasser entsprechend erneuert. Die Wirkung war hier in Bälde eine merklich stärkere Halbanästhesie, als die durch Chloroform bewirkte. — Ich hätte gerne noch stärkere Grade von Anästhesie durch Eis und Kältemischungen zu erzielen gesucht, musste aber davon abstehen, weil ich mir schon durch die Versuche mit dem kalten Wasser eine Erkältung zugezogen hatte.

Um die Leistungen des Sehsinnes mit denen des Tastsinnes vergleichen zu können, wurden ein paar Versuche mit geschlossenen Augen ebenfalls bei nackter Sohlenhaut angestellt.

Die nachfolgende Tabelle enthält in Millimetern die Mittelwerthe meiner Versuche. Bei sämmtlichen wählte ich als die beste und bequemste Stehweise die Position hanchée, und sorgte dafür, dass beide Sohlen immer dieselbe Lage einhielten.

Die auf der Glasplatte durch den Pinsel beschriebenen Figuren wurden am Fenster durchgezeichnet, dann in ihren grössten Durchmessern von vorn nach hinten und rechts nach links mit einem Millimeterstab gemessen. Zur Bestimmung des von den Körperschwankungen beschriebenen Flächeninhaltes, bediente ich mich eines von den Physiologen neuerdings dann und wann geübten Verfahrens der Feldmesser in der Art, dass ich die auf vorher gewogenes ganz gleichmässiges Papier verzeichneten Figuren ausschnitt und dann auf einer chemischen Waage wog. Eine Fläche von 10,000 □ mm meines Papieres wog 463 milligramm.

Körperschwankungen beim dreiminutlichen Stehen in verschiedenen Zuständen der Sohlenhaut.

Verschiedene Zustände der Sohlenhaut.	Auzahl der Versuche.	Die grössten Durchmesser in Millimetern.		B. wenn A.=100.	Inhalt der Schwankungs-Fläche in Quadrat-Millimetern.
		Rechts bis Links. A.	Vorn bis Hinten. B.		
I. Beide Sohlen beschuht.	6	31,6	38,8	122	583,1
II. Beide Sohlen nackt.	8	42,0	44,8	107	669,5
III. D. stüzende Fuss beschuht.	2	35,5	48,0	135	647,9
IV. Der stüzende Fuss chloroform.	4	66,7	47,5	71	1339,0
V. Beide Sohlen chloroform.	2	40	48	112	1101,5
VI. Wasseranästhesie beider.	3	92	73	79	1576,6
VII. Bei geschlossenen Augen.	4	57,5	45,5	60	1209,4

Aus der Tabelle geht hervor:

1) Wird die Haut der Sohle in einen auch nur mässigen Grad von Torpor versetzt, durch Chloroform oder kaltes Wasser, so sind die Schwankungen des Körpers beim Stehen grösser, als bei unversehrter Tastempfindlichkeit der Fusssohle, und zwar in folgenden Abstufungen:

a) sehr gross bei der Kaltwasseranästhesie;

b) deutlich, wo ein Fuss chloroformirt war;

c) wo beide Füsse chloroformirt waren, keine grosse Differenz von der Rubrik „beide Sohlen nackt.“ —

Letztere Anomalie ist indessen nur scheinbar, denn die Tabelle gibt nur die Endmittel meiner Versuche. — An dem zu c) gehörigen Versuchstag ergab das normale Stehen bei

nackten Sohlen folgende Schwankungen: 37mm rechts — links, 42mm vorn — hinten. — Bei den Versuchen mit den Gewichten erhielt ich viel deutlichere Unterschiede (siehe in den Tabellen). A priori sollte man denken, dass, wenn beide Füsse chloroformirt sind, die Körperschwankungen stärker wären, als wenn nur einer; durch meine Versuche hat sich diess, wie aus der Tabelle hervorgeht, nicht bestätigt. Wenn das Ergebniss nicht zufällig ist, was bei der kleinen Zahl meiner Versuche möglich wäre, so könnte man darin einen Beweis sehen, dass der Tastsinn des regulirenden Fusses keine so wichtige Rolle spiele, als in dem stützenden.

§. 4. Der Raumsinn der Sohlenhaut.

Der Ortssinn der Sohlenhaut ist, wie Herr Prof. Vierordt kurz andeutete, (Grundriss der Physiologie, 2. Auflage. §. 487) ebenfalls betheiligt bei der Herstellung eines sicheren Stehens. „Bei Veränderungen des Gleichgewichtes werden verschiedene Stellen der Sohlenhaut und zwar mit verschiedenen Belastungen gedrückt. Die Drücke nehmen zu an dieser und gleichzeitig ab an jenen Stellen der Haut derselben Sohle“ u. s. w. Versuche über diese Körperstelle nach dem Princip der bekannten Weber'schen Tasterzirkelexperimente, auf deren Beschreibung ich nicht einzugehen habe, liegen nur sehr wenige vor. Ueber Widersprüche in den Angaben dürfen wir uns natürlich nicht wundern. Denn je nach dem Gebrauche des Fusses, nach der Wölbung der Sohle, insbesondere aber nach der Dicke der Epidermis müssen die Resultate verschieden sein: E. H. Weber, (Artikel: Tastsinn, in Wagner's Handwörterbuch, Band III. p. 539), gibt an der Plantarseite des letzten Gliedes der grossen Zehe als Grenzwerth 5 Par. Linien, am hinteren Theil der Ferse 10, an der Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe 7. Valentin, Lehr-

buch der Physiologie, 2. Aufl. II. Bd., 3. Abth. p. 277, gibt auch einige Messungen an sich und andern an: Plantarfläche des Metatarsusknochens der grossen Zehe 5,8 mm, Hintertheil der Ferse 9,0 mm.

E. H. Weber's Versuche sind, um mich der von Fechner angewandten Terminologie zu bedienen, nach der „Methode der eben merklichen Unterschiede" angestellt. Aber unsere Empfindungen in diesem Betreff sind nichts weniger als constant, desshalb werden zwei Zirkelspitzen von einem gewissen Abstand einmal als Distanz, das anderemal als einfache Berührung empfunden, solange nicht eine obere Grenze überschritten ist, von der an der Abstand stets als Distanz empfunden wird, oder eine untere, unter der sie niemals als solche empfunden wird. (Fechner, Psychophysik I. 130).

Volkmann hat, wie Fechner am eben erwähnten Orte berichtet, die Methode Weber's weiter verfolgt und ist in seinen Versuchen nach dem Princip „der richtigen und falschen Fälle" verfahren. Innerhalb der eben bezeichneten oberen und unteren Grenze experimentirte er in zahlreich wiederholten Versuchen mit variabeln Abständen der Zirkelspitzen. Je schärfer der Raumsinn einer Hautstelle, desto grösser ist natürlich für einen gegebenen Abstand der zwei Zirkelspitzen die Zahl der richtigen Entscheidungen, d. h. der doppelten Empfindungen, desto kleiner die Zahl der falschen Entscheidungen, d. h. der einfachen Empfindungen. Man kann, so glaubt Fechner, jedes Verhältniss der richtigen zur Gesammtzahl aller Fälle als Vergleichsmaassstab der Schärfe des Raumsinns anwenden; Volkmann z. B. ging von dem Verhältniss aus, wo die Merklichkeit eben so oft, als die Nichtmerklichkeit eintritt: am besten wird es wohl so sein, wenn man, eine gehörig grosse Zahl von Einzelversuchen vorausgesetzt, das Endresultat aus mehreren solchen Verhältnissen ableitet.

Meine Versuche sind nun viel zu wenig zahlreich, als dass ich die Schärfe des Ortssinnes der Sohlenhaut in endgültigen Zahlenwerthen ausdrücken könnte; ich beschränke mich desshalb, anzugeben: 1) innerhalb welcher Grenzen richtige und falsche Entscheidungen vorkommen; 2) bei welchen zu kleinen Abständen der Zirkelspitzen immer falsche Entscheidungen gegeben wurden, und 3) bei welchen zu grossen Abständen der Spitzen das Urtheil immer richtig war. — Die Werthe sind in Millimetern angegeben. — Auch einige Beobachtungen an den Phalangen der Zehen wurden gemacht und ergaben einen ziemlich feinen Ortssinn. — Beschränken wir uns auf die beim Stehen zunächst allein in Frage kommenden drei Hauptstellen der Sohlenhaut, so ist der Ortssinn am entwickeltsten in der Gegend des Köpfchens des Mittelfussknochens der grossen Zehe, dann folgt als gleich oder nahezu gleich befähigt die Ferse, schliesslich die Haut über dem Köpfchen des Mittelfussknochens der kleinen Zehe.

Hautstellen.	Die zwei Zirkelspitzen wurden gefühlt.			Zahl der Fälle.
	Immer einfach.	Bald einfach, bald doppelt.	Immer doppelt.	
a. Köpfchen des Mittelfussknochens der grossen Zehe,	von 15 abwärts.	16-21	von 22 aufw.	53
b. Köpfchen des Mittelfussknochens der kleinen Zehe.	von 23 abwärts.	24-27	von 28 aufw.	38
c. Hautstelle in der Mitte zwischen a. und b.	von 17 abwärts.	18-24	von 25 aufw.	39
d. Aeusserer Fussrand, in der Mitte zwischen der kleinen Zehe und Ferse.	von 15 abwärts.	16-26	von 27 aufw.	31
e. Innerer Fussrand an einer der von d correspondirenden Stelle.	von 10 abwärts.	11-18	von 19 aufw.	37
f. Ferse vorn.	v.17 abw.	18-21	v.22 aufw.	32
g. Ferse hinten.	v.15 abw.	16-21	v.22 aufw.	46

Bei meinem ersten Chloroformversuch machte ich einige Bestimmungen über den Raumsinn der Sohlenhaut. Die Chloroformwirkung war, wie erwähnt, von Anfang an eine nur mässige, und bei der Anstellung der Zirkelversuche schon beträchtlich geringer. An der Stelle des Köpfchens des Mittelfussknochens der grossen Zehe erhielt ich keine auffallende Abnahme der Schärfe des Raumsinnes, wohl aber am äusseren Fussrand, es wurden Abstände bis zu 30^{mm} bald einfach, bald doppelt gefühlt. Auf dem vorderen Bezirke der Ferse begannen die immer richtigen Entscheidungen erst bei 41^{mm}.

§. 5. Schärfe des Drucksinnes auf verschiedenen Stellen der Sohlenhaut.

Bei dem Bau der Fusssohle in Form eines Gewölbes, das vorzugsweise mit 3 Punkten auf den Boden drückt, sind nicht alle Stellen gleich wichtig. Bei der Feststellung der Schärfe des Drucksinnes an verschiedenen Stellen der Sohlenhaut wurde die Methode Weber's gewählt, durch Auflegen einer verschiedenen Anzahl von möglichst gleichen Thalerstücken. Ein solcher Thaler wog durchschnittlich 22,14 Gramm. Als Ausgangsgewicht dienten immer 10 Thaler. Wurde nun diese Anfangsbelastung durch Auflagerung weiterer Thalerstücke vermehrt, so war stets ein Gefühl der Berührung vorhanden, auch dann, wenn bei zu geringen Zulagen keine Empfindung einer Druckzunahme erfolgte. Bei zahlreichen Vexirversuchen beging ich keinen Fehler, d. h. ich entschied z. B., wenn die Säule der Thalerstücke bloss berührt wurde, nie für Druckvermehrung, sondern nur für Berührung. Alle Cautelen, z. B. Gleichmässigkeit in der Art und Geschwindigkeit der Auflagerung der Zulagsgewichte u. s. w. wurden gehörig beobachtet. — Die bis jetzt in der Literatur über diesen Gegen-

stand niedergelegten Versuche sind sehr wenige. Zu nennen sind als neueste „Dohrn de varia variarum cutis partium ponderum impositorum discrimina sentiendi facultate, Kiliae 1859.“ Seine Versuche betreffen bloss die obere Extremität und einige Localitäten des Stammes und Kopfes. — Hierüber habe ich keine angestellt, sondern bloss über die planta pedis. Dann E. H. Weber, de Pulsu, Resorptione, Auditu et Tactu, Annotationes anatomicae et physiologicae, Lipsiae 1834, pag. 87. Er hatte bei seinen Versuchen, wo die Schätzung des Gewichtes in der Hand mit Hülfe des Muskelsinnes erleichtert war, 10 Versuchspersonen; ich finde jedoch keine grosse Uebereinstimmung in den Angaben derselben, was bei den individuellen Verschiedenheiten auch nicht wundern darf. Pag. 96 bringt er 3 Untersuchungen über den Drucksinn der planta pedis:

1) Auf der planta pedis in capitulis metatarsi wurden unterschieden 12 und 10℥ = 6 und 5 Speciesthaler.
2) Concava pars plantae, 12 und 4℥.
3) Calx pedis, 12 und 6℥.

Diess ist Alles, was man hierüber weiss. Um an der Lücke etwas auszufüllen, möge die folgende Tabelle dienen.

Tabelle I.

Ursprüngliche Belastung 10 Thaler = 221 Gramm.

N (Null) bedeutet, dass das zugelegte Gewicht nicht unterschieden wurde.

P (Plus) dass es unterschieden wurde.

Die beigesetzten Zahlen bedeuten die Anzahl der Fälle.

Zugelegte Thalerstücke.	Stellen der Sohlenhaut.			
	Capitulum ossis metatarsi primi.	Capitulum ossis metatarsi quinti.	Ferse hinten.	Aeusserer Fussrand an der tarso-metatarsusgrenze.
1	3 N —			
2	4 N —	— 3 P	1 N —	
3	6 N 2 P	— 1 P	1 N —	
4	6 N 9 P	3 N 1 P	1 N —	2 N —
5	— 6 P	1 N 5 P	— 2 P	2 N —
6		3 N 6 P	4 N	2 N 5 P
7		— 1 P	— 2 P	2 N 4 P
8			— 3 P	— 2 P

Aus der obigen Tabelle geht hervor, dass der Drucksinn am Capitulum ossis metatarsi primi am ausgebildetsten ist; am äussern Fussrand am wenigsten.

Man gestatte trotz der geringen Zahl der Fälle, die sich namentlich in der dritten senkrechten Colonne auf eine störende Weise geltend macht, die in der zweiten Tabelle gemachte Zusammenstellung der Verhältnisszahlen der richtigen Entscheidungen.

Tabelle II.

Verhältnisszahlen der richtigen Entscheidungen.

Zugelegte Zahl von Thalerstücken.	Capitulum ossis metatarsi primi.	Capitulum ossis metatarsi quinti.	Ferse hinten.	Aeusserer Fussrand.
2	0			
3	0,25			
4	0,60	0,25		
5	Alle.	0,83	?	0
6		0,66	?	0,71
7		Alle.	Alle.	0,66
8				Alle.

§. 6. Schärfe des Drucksinnes bei verschiedenen Zuständen der Sohlenhaut.

Bei diesen Versuchen wurde immer dieselbe Stelle benützt, die Gegend über dem Mittelfussknochen der grossen Zehe. Die Versuche zerfallen in 3 Reihen:

1. Reihe. Ursprüngliche Belastung 5 Thaler.
2. — — — 10 —
3. — — — 20 —

Schärfe des Drucksinnes bei verschiedenen Zuständen der Sohlenhaut.

Zugelegte Thalerstücke.	Normaler Zustand der Sohlenhaut.	Minderung des Tastsinnes durch Chloroform.	Minderung des Tastsinnes durch kaltes Wasser.	
1	1 N —	2 N —	1 N —	5 Thaler ursprüngl. Belastung.
2	3 N —	6 N 2 P	1 N —	
3	1 N 5 P	1 N 6 P	3 N 1 P	
4	— 2 P	— 5 P	6 N 1 P	
5		— 2 P	— 5 P	
6			— 1 P	
7			— 1 P	
1	3 N —	1 N —		10 Thaler ursprüngliche Belastung.
2	4 N —	3 N —	1 N —	
3	6 N 2 P	6 N 1 P	2 N —	
4	6 N 9 P	5 N 2 P	3 N —	
5	— 6 P	2 N 7 P	4 N 2 P	
6	— 3 P	— 2 P	2 N 4 P	
7		— 3 P	— 3 P	
8		— 4 P	— 1 P	
9			— 1 P	
1				20 Thaler ursprüngliche Belastung.
2	1 N —			
3	1 N —			
4	2 N —	2 N —	2 N 1 P	
5	5 N 4 P		5 N —	
6	7 N 7 P	3 N —	6 N 5 P	
7	— 5 P	3 N —	4 N 8 P	
8		1 N 5 P	2 N 4 P	
9		1 N 4 P	— 2 P	
10		— 4 P		

Die Ergebnisse dieser Tabelle finden ihre übersichtliche Zusammenstellung in der Art, dass wir fragen, welche relative Grösse des Zulagegewichtes ist nöthig, um das Gefühl eines vermehrten Druckes ausnahmslos zu erregen?

Die Zahlen der folgenden Tabelle bedeuten das Zulagegewicht in Procenten des ursprünglichen Gewichtes.

Ursprüngliche Belastung.	Normaler Zustand der Sohlenhaut.	Minderung des Tastsinnes	
		durch Chloroform.	durch kaltes Wasser.
I. 5 Thaler.	80%	80	100
II. 10 „	50	60	70
III. 20 „	35	50	45

Aus dieser Tabelle lassen sich nun folgende Schlüsse ziehen:

1) Je stärker die ursprüngliche Belastung, desto kleiner verhältnissmässig braucht das Zulagegewicht zu sein, um die Empfindung einer Druckzunahme zu machen. Diess gilt von allen Zuständen der Sohlenhaut. Schon Fechner, welcher zahlreiche Versuche anstellte über das Unterscheidungsvermögen für Druckdifferenzen, bei denen aber der Muskelsinn, der mehr leistet, als der blosse Tastsinn, mit benützt wurde, kam zu ähnlichen Resultaten.

2) Die Sohlenhaut hat im normalen Zustande eine erheblich grössere Feinheit des Drucksinnes, als im Zustande auch nur ganz mässigen sensitiven Torpors.

Die Belastungen in meinen Versuchen variiren nur innerhalb sehr kleiner Grenzen; die Fusssohle sowohl des stützenden

als auch des bloss schwach aufgesetzten regulirenden Fusses hat natürlich sehr viel bedeutendere Druckgrössen auszuhalten; über die Druckunterscheidungs-Empfindlichkeit bei diesen sagen meine Versuche nichts aus. Wahrscheinlich nimmt die Schärfe des Drucksinnes zu bis zu einem erst bei sehr starker Belastung sich einstellenden Wendepunkt.



